

WIERCHY

ROCZNIK POŚWIĘCONY GÓROM

ORGAN KOMISJI TURYSTYKI GÓRSKIEJ ZARZĄDU GŁÓWNEGO
POLSKIEGO TOWARZYSTWA TURYSTYCZNO-KRAJOZNAWCZEGO

ROK SIEDEMDZIESIĄTY PIĄTY

2009

(OGÓLNEGO ZBIORU „PAMIĘTNIKA TT” I „WIERCHÓW” TOM 114)

YPK

CENTRALNY OŚRODEK TURYSTYKI GÓRSKIEJ PTTK
KRAKÓW 2011

po Dolinę Pańszczycy. Przy użyciu logerów prowadzono również, pod kątem ewentualnego występowania wieloletniej zmarzliny, pomiary temperatury gruntu przy Hińczowym Oku w Dolinie Mięguszowieckiej, gdzie rejestrowano także mrozowe ruchy gruntu w obrębie czynnych poligonów sortowanych. Kontynuowano również, zaczęte w latach poprzednich, badania nad dynamiką piargów w strefie występowania wieloletniej zmarzliny.

Wykorzystując przeprowadzone badania, wydano kilka prac, nie tylko z wyżej wymienionych tematów, ale również z badań prowadzonych w latach poprzednich. M.in. opublikowano pracę na temat problemów z geoekologicznym ujęciem środowiska gór wysokich traktowanego jako całość, czyli w ujęciu krajobrazowym, dyskutowanych z punktu widzenia analizy roślinności i rzeźby. Na podstawie dotychczasowych badań geomorfologicznych i geofizycznych oraz prac opublikowanych, wykonanych w Tatrach w okresie 30 lat, opracowano syntetyczne podsumowanie wiedzy na temat późnoglacialnej i holocenijskiej ewolucji środowiska przyrodniczego masywu tatrzańskiego. Omówiono w niej następujące zagadnienia:

- miąższość i litologię utworów wypełniających dna Doliny Małej Łąki i Doliny Białki,
- miąższość postglacialnych osadów dennych w Morskim Oku,
- genezę wybranych jezior cyrkowych,
- parametry fizyczne charakteryzujące występowanie izolowanych płatów wieloletniej zmarzliny.

W kwietniu 2009 r. Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn IGiPZ PAN, wspólnie z wcześniej wymienionymi pracownikami AGH, zorganizował warsztaty geofizyczno-geomorfologiczne *Geofizyka w geomorfologii*, na których zaprezentowano i omówiono ważniejsze badania geofizyczne prowadzone na terenie Tatr.

Stanisław Kędzia

Badania pokrywy lodowej na Morskim Oku

WSTĘP

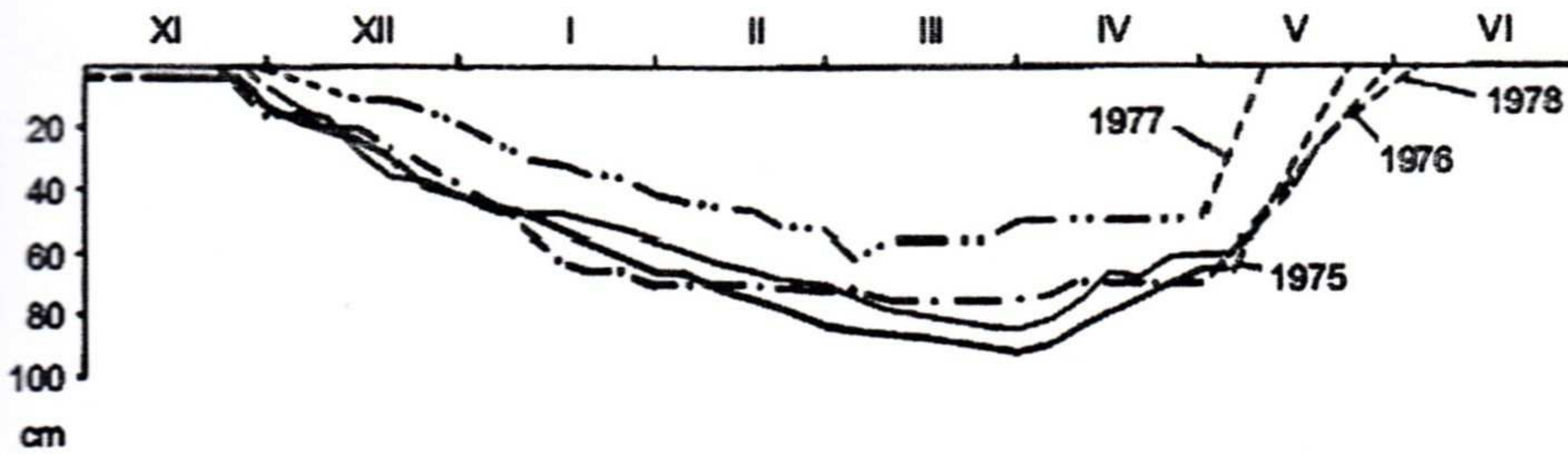
Choć najwcześniejsze badania Morskiego Oka miały charakter sporadyczny, dostarczyły jednak podstawowych wiadomości głównie na temat morfometrii misy jeziornej, termiki i właściwości

optycznych wody (m.in. pomiary Franciszka Kleina, Ludwika Zejsznera, Kazimierza Wodzickiego, Józefa Zawadzkiego, Eugeniusza Dziewulskiego). Prekursorem hydrometrycznych badań tatrzańskich jest Stanisław Staszic, który w lipcu 1804 r. dokonał pierwszych pomiarów głębokości Czarnego Stawu pod Rysami. Znaczny postęp wiedzy w odniesieniu do morfometrii jezior tatrzańskich – w tym także Morskiego Oka – dostarczyły pomiary Wojskowego Instytutu Geograficznego prowadzone od kwietnia 1934 r. przez kpt. Kazimierza Śliwerskiego i Jerzego Młodziejowskiego (Młodziejowski 1937). Warto jednak wspomnieć, że dużo wcześniej, tj. w latach 1908–1910, badania hydrometryczne prowadził Ludomir Sawicki, który ponadto zainicjował regularne obserwacje termiki (raz na 6 tygodni) niektórych jezior, w tym także Morskiego Oka (Piasecka 1996; Młodziejowski 1937; Sawicki 1926, za Chełmicki 1999; Sawicki 1929):

Zdjęto mapy 11 większych jezior tatrzańskich, poczyniono pomiary [głębokości] z bardzo znaczną gęstością, badano stosunki zabarwienia i przejrzystości wody jeziornej a przede wszystkim badano warunki termiczne do znacznych głębokości (80) zarówno pod względem uwarstwienia termicznego, jak i wahań termicznych wody jeziornej w różnych poziomach i porach roku.

Badania L. Sawickiego kontynuowano w ramach działalności wysokogórskiej stacji naukowej w Dolinie Pięciu Stawów Polskich, założonej w zimie 1928/1929 przez Instytut Geograficzny Uniwersytetu Jagiellońskiego (Smoleński 1932, Szaflarski 1932, 1948). Z obserwacji „hydrogafii stawów” wynikało, iż w latach 1931–1939 „zamarzanie większych jezior tatrzańskich następuje w październiku i listopadzie, odmrażanie na mniejszych wysokościach zaczyna się w kwietniu, na większych przeciąga się do czerwca, a czasem nawet lipca i dłużej” (Szaflarski 1948). Trudno jednak ocenić, jakie wysokości uważał Józef Szaflarski za „mniejsze” i „wyższe” i jakie daty należy odnosić do Morskiego Oka. Wyniki większości badań zostały przedstawione w atlasach jezior tatrzańskich (Sawicki 1929; Szaflarski 1933, 1935, Szaflarski in. 1936).

Z późniejszych opracowań wykonanych na podstawie obserwacji Instytutu Meteorologii



Ryc. 1. Przykłady zmian grubości lodu w różnych latach (Choiński 2006–2007)

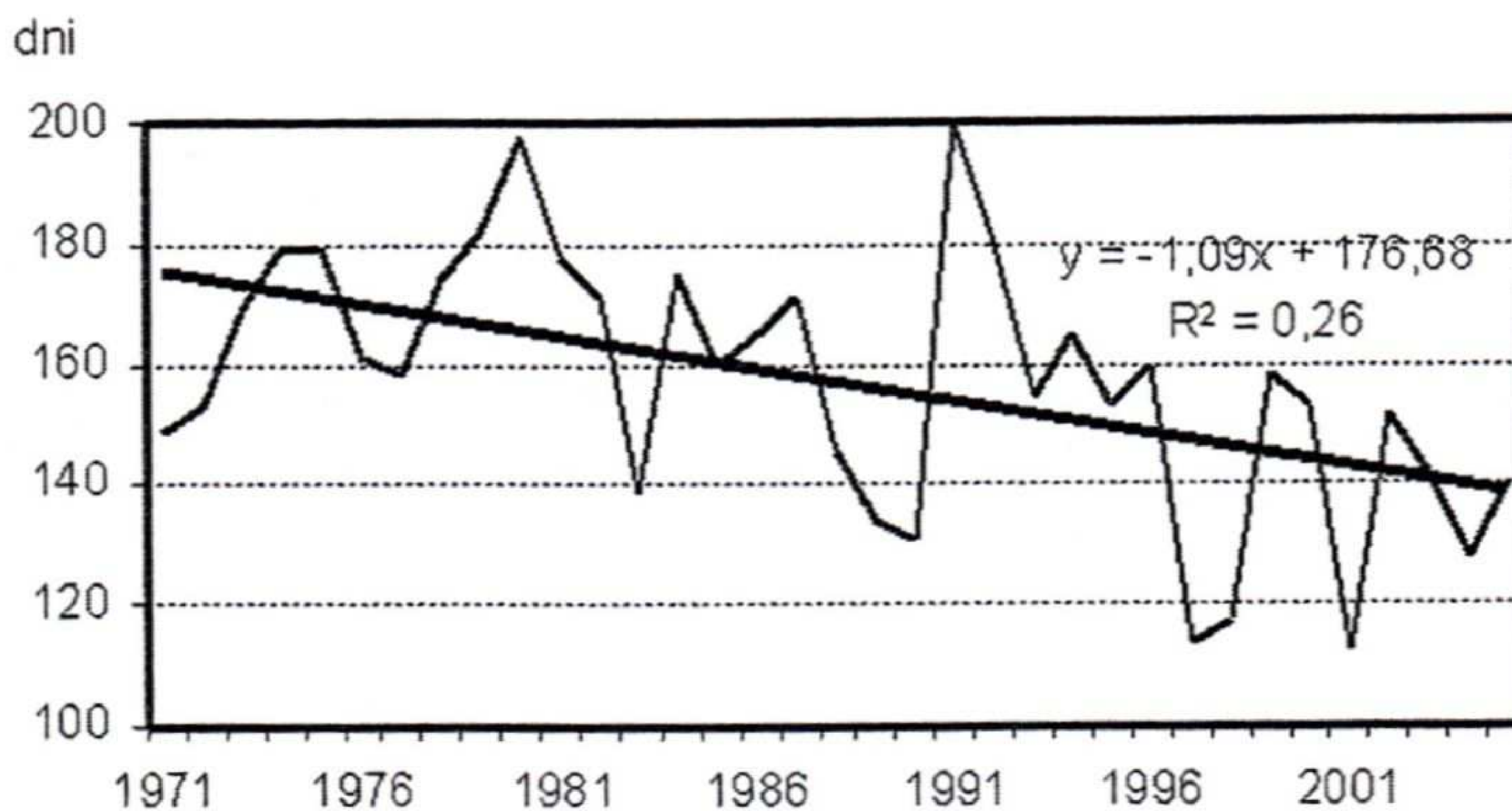
i Gospodarki Wodnej (wcześniej Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny) wynika m.in., że w okresie 1961–1980 pokrywa lodowa pojawiała się na Morskim Oku pod koniec listopada, zaś zanikała ok. połowy maja (Łajczak 1982, 1996), a głębokość termokliny jest zimą przestrzennie zróżnicowana (Mościcki 1996). Od wielu lat badania grubości i struktury lodu na Morskim Oku prowadzi Adam Choiński, który w wyniku sondowań przeprowadzonych w 1999 r. zweryfikował głębokość Morskiego Oka na 51,8 m (nie zaś 50,8 m, jak podaje większość źródeł). Sondowania Profesora zweryfikowały także głębokość Wielkiego Stawu Polskiego na 80,3 m (nie zaś 79,3 m; Choiński 2000). Regularne pomiary miąższości lodu prowadzone są także przez służbę Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej przy północnym brzegu jeziora.

WYNIKI

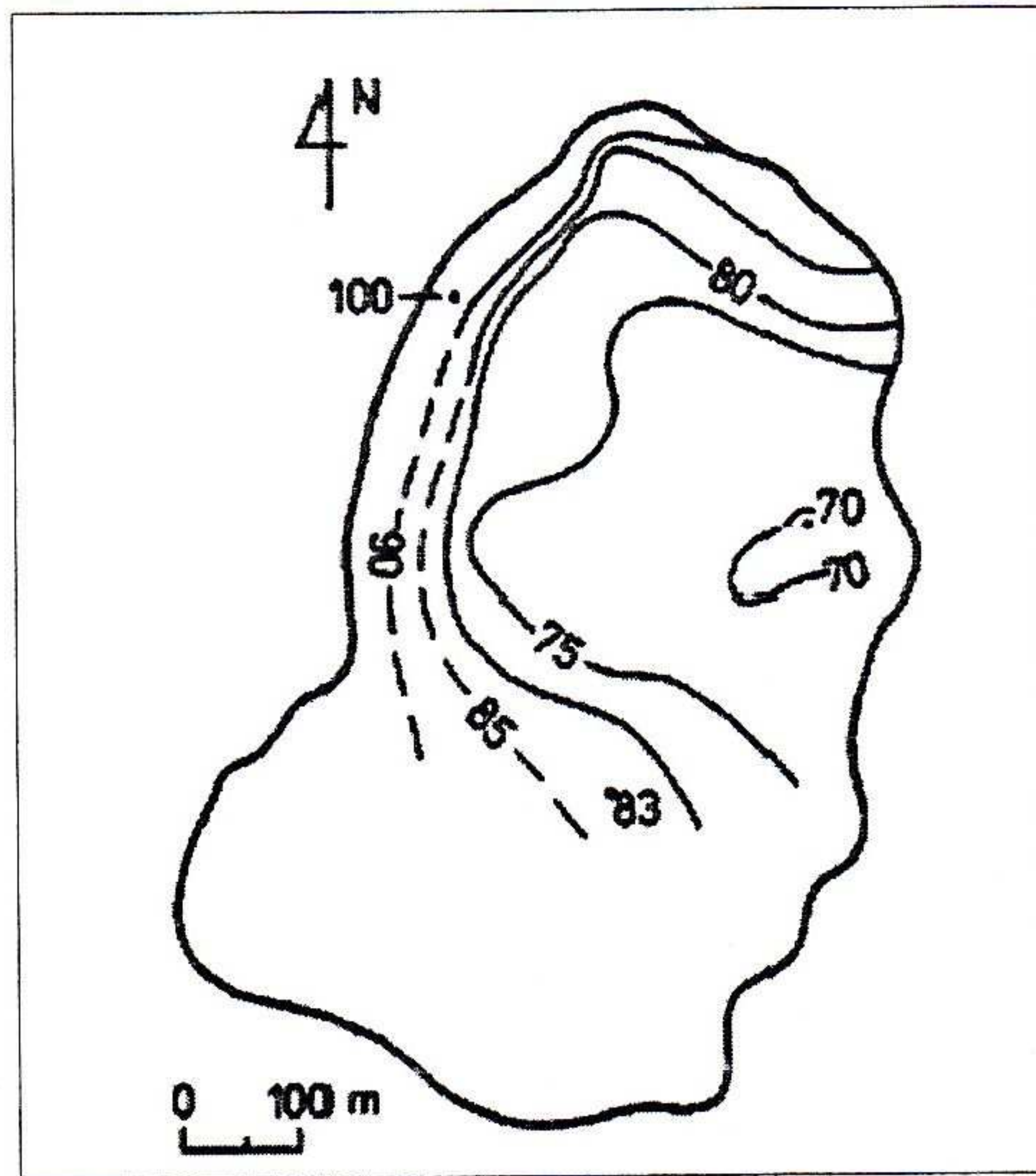
Początek tworzenia się pokrywy lodowej na Morskim Oku przypada zwykle na koniec listopada, po czym średnio przez cztery miesiące trwa

przyrost grubości lodu, który osiąga maksymalną miąższość pod koniec marca. Warto zwrócić uwagę na fakt, iż faza zaniku lodu na jeziorze jest prawie dwa razy szybsza od fazy wzrostu (ryc. 1).

Czas zlodzenia Morskiego Oka jest bardzo zróżnicowany w poszczególnych latach i wynosi od 112 dni (2001 r.) do 200 dni (1991 r.), jednak w latach 1971–2007 wykazuje tendencję spadkową, podobnie, jak maksymalna grubość pokrywy lodowej (ryc. 2). Długość trwania zwartej pokrywy lodowej uległa skróceniu ze 171 (1971–1982) do 157 dni (1995–2007). Spadek długości trwania pokrywy lodowej na Morskim Oku wynosi średnio 1,1 dni na rok i jest on statystycznie istotny ($p < 0,01$). Dla porównania można podać, iż najwcześniej pokrywa lodowa na Morskim Oku pojawiła się w 1974 r. (4 listopada), natomiast najpóźniej – w 2001 r. (31 grudnia). Najwcześniejszy zanik pokrywy lodowej miał miejsce w 1990 r. (30 marca), natomiast najpóźniejszy – w 1991 r. (31 maja), to jest w tym samym roku, kiedy pokrywa lodowa na Morskim Oku utrzymywała się aż 200 dni (Choiński 2006–2007; Choiński i in. 2009).



Ryc. 2. Długość trwania pokrywy lodowej na Morskim Oku w latach 1971–2007 (Choiński i in. 2009, zmienione)



Ryc. 3. Zróżnicowanie grubości pokrywy lodowej (cm) 11–12 kwietnia 2007 r. (Choiński 2007)

Na podstawie sieci odwiertów wykonanych przy pomocy stalowego świda ręcznego kilkakrotnie w sezonach zimowych można stwierdzić, iż nad głębokimi fragmentami misy jeziornej miąższość lodu jest mniejsza, niż nad płytszymi, zaś rozkład przestrzenny grubości lodu jest zmienny w ciągu zimy, tzn. maksymalne i minimalne grubości lodu mogą wystąpić w różnych częściach tafli w czasie jednego sezonu zimowego (ryc. 3). Maksymalna grubość lodu wynosi ok. 1 m, a zróżnicowanie grubości w obrębie tafli

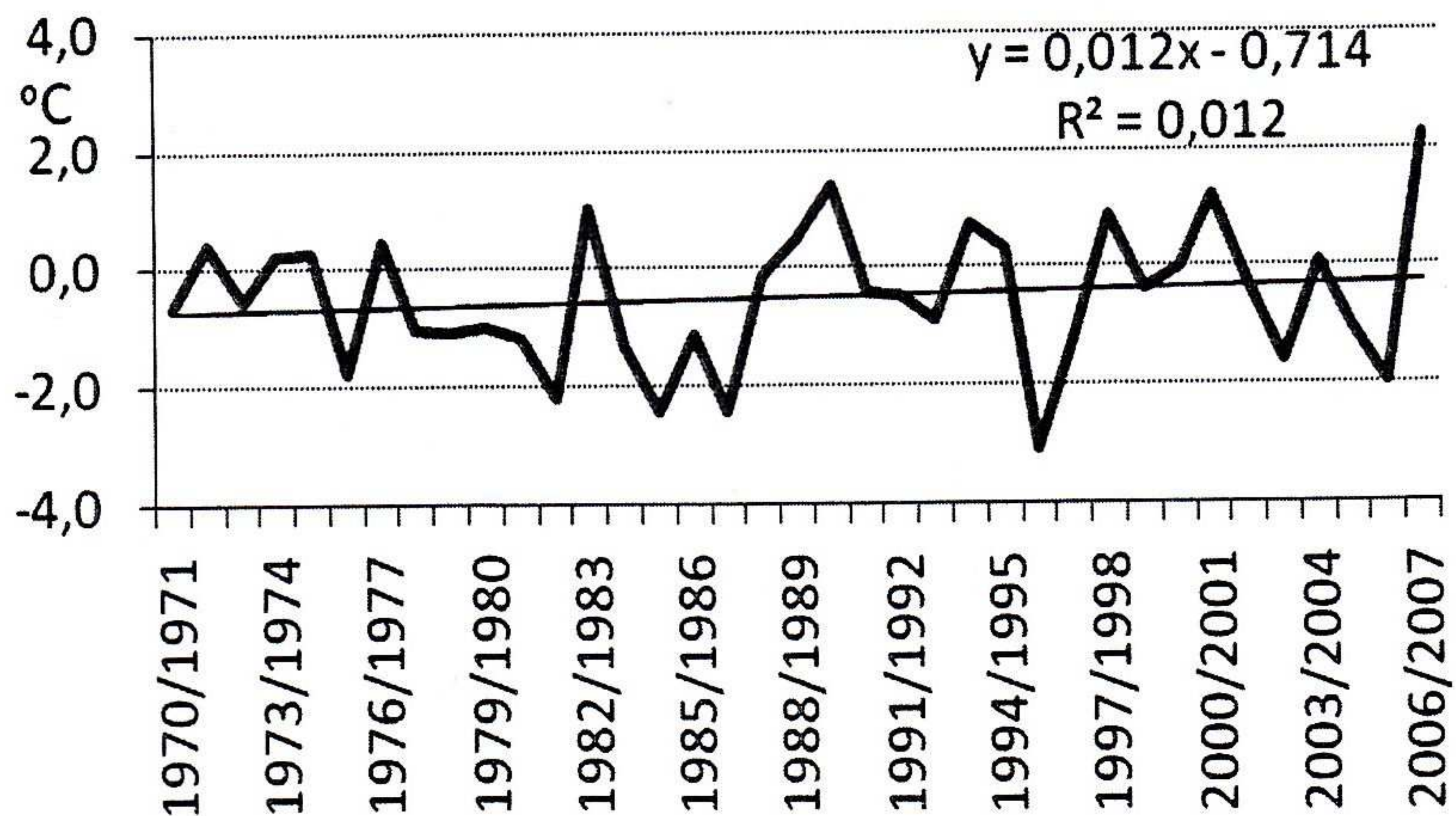
lodu sięga nawet 30 cm. Lawiny powodują destrukcję pokrywy lodowej, w wyniku czego zostaje zaburzona ciągłość pokrywy.

Struktura pokrywy lodowej ma charakter warstwowy, co może być spowodowane kilkudniowymi okresami ociepleń (zwykle w drugiej fazie zimy) lub lawinami. W wyniku tych procesów powierzchnię właściwej powłoki lodowej pokrywa warstwa wody, która z uwagi na dodatnią temperaturę zaczyna nadtapiać powierzchnię lodu. Przy kolejnym nadejściu ujemnych temperatur woda zalegająca na lodzie zaczyna zamarzać, przy czym w zależności od intensywności opadów śnieżnych i temperatury powietrza może przyjąć charakter błota śnieżnego (*slush*), które ponownie zamarza.

Wytworzona nowa wierzchnia warstwa lodu najczęściej nie jest jednorodna tak pod względem miąższości, jak i struktury.

Zjawiska lodowe są kształtowane głównie przez warunki meteorologiczne. Zmiany parametrów pokrywy lodowej na Morskim Oku wskazują na ocieplenie klimatu – zwłaszcza w odniesieniu do chłodnej pory roku (Choiński, Pociask-Karteczka 2009). Analiza przebiegu trendu temperatury powietrza mierzonej na stacji synoptycznej IMGW w Zakopanem, w okresie od listopada do maja, wskazuje na nieznaczny wzrost wynoszący nieco ponad 1°C/100 lat (ryc. 4).

Podobne do zbadanych w Tatrach tendencje stwierdzono także w 6 jeziorach położonych w niżowej części Polski. Od lat 60. ubiegłego



Ryc. 4. Średnia temperatura powietrza w okresie listopad – maj w latach 1970–2007 w Zakopanem

stulecia coraz wcześniej pojawia się pokrywa lodowa oraz skraca się czas jej trwania od 0,8 do 0,9 dnia/rok, przy czym w przypadku jeziora Hańcza, jest ono dwukrotnie mniejsze (0,4 dnia/rok) (Marszelewski, Skowron 2006). Na podstawie analizy długości zlodzenia i dat tworzenia i zaniku pokrywy lodowej w jeziorach północnej hemisfery (Rosja, Finlandia, Japonia, USA) w latach 1864–1995, J.J. Magnuson i in. (2000) sformułowali tezę o skróceniu okresu zlodzenia w wyniku późniejszego pojawiania się pokrywy lodowej o 5,8 dni na 100 lat oraz wcześniejszego jej zaniku – średnio 6,5 dni na 100 lat. Późniejsze badania jezior w Finlandii (Korhonen 2006), Kanadzie (Duguay i in. 2006), Jeziora Ładoga (Karetnikov, Naumenko 2008) oraz Wielkich Jezior (Jensen i in. 2006) dały podobne wyniki.

ZAKOŃCZENIE

Wydaje się, iż pokrywa lodowa na jeziorach jest tym elementem przyrody nieożywionej, który może służyć jako wskaźniki zmian klimatycznych. O ile w większości gór wysokich na Ziemi zjawiskiem świadczącym o współczesnym ociepleniu klimatu są cofające się lodowce, jak np. w Alpach, Górach Skalistych, Andach, Himalajach i in., to w górach niezlodowcaonych, rolę „rejestratora” zmian klimatycznych odgrywa pokrywa lodowa i zjawiska lodowe na jeziorach oraz w rzekach. W Tatrach udało się znaleźć wyraźne efekty zmian klimatu, analizując pokrywę lodową na Morskim Oku. Należy jednak pamiętać, iż jej cechy i dynamika odzwierciedlają nie tylko wpływy zewnętrznych warunków meteorologicznych, ale także wpływ cyrkulacji wody wewnątrz akwenu. W podobnych badaniach korzystnie byłoby uwzględnić większą liczbę jezior, zarówno na północnym, jak i południowym skłonie Tatr, jednak brakuje regularnych obserwacji zjawisk lodowych.

W dalszej analizie warunków termicznych Morskiego Oka będzie pomocna sonda termiczna, którą w czerwcu 2006 r. zakotwiczone nad najgłębszym fragmentem misy jeziornej. Rejestracja temperatury dokonywana jest co godzinę na głębokościach: 0,5, 5, 10, 20, 30 i 50 m. Urządzenie posiada nadajnik umożliwiający odczytywanie danych drogą radiową z brzegu jeziora, zaś w czasie wystąpienia pokrywy lodowej „wtapia” się ono w lód, rejestrując zachodzące

pod nim zmiany temperatury (sondę termiczną po raz pierwszy zastosowano w 1994 r. w Jeziorze Zamkowym koło Wałcza w strefie nizinnej Polski, zaś w warunkach górskich – na Wielkim Stawie w Karkonoszach w 2003 r.).

Adam Choiński, Leszek Kolendowicz,
Joanna Pociask-Karteczka

LITERATURA

- CHELMICKI W., 1999, *Ludomir Sawicki 1884–1928* [w:] B. KORTUS, A. JACKOWSKI, K. KRZEMIEN (red.) *Geografia w Uniwersytecie Jagiellońskim 1849–1999. Wybitni geografowie Uniwersytetu Jagiellońskiego*, T. II, Instytut Geografii UJ, Kraków, 37–50.
- CHOIŃSKI A., 2000, *Najgłębsze jeziora Tatr Polskich w świetle najnowszych pomiarów głębokości*, „Czasop. Geogr.”, 71, 1, 99–103.
- CHOIŃSKI A., 2006–2007, *Zjawiska lodowe na Morskim Oku w Tatrach*, „Folia Geogr.”, ser. „Geogr. Phys.”, 38–39, 65–77.
- CHOIŃSKI A., 2007, *Limnologia fizyczna Polski*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań, 547 s.
- CHOIŃSKI A., KOLENDOWICZ L., POCIASK-KARTECZKA J., 2009, *Zjawiska lodowe na Morskim Oku jako wskaźnik zmian klimatu w Tatrach* [w:] A. T. JANKOWSKI, D. ABSALON, R. MACHOWSKI, M. RUMAN, red. *Przeobrażenia stosunków wodnych w warunkach zmieniającego się środowiska*, UŚ, PTG, RZGW, Sosnowiec, 71–77.
- CHOIŃSKI A., POCIASK-KARTECZKA J., 2009, *Recent trends in ice cover duration for Lake Morskie Oko (Tatra Mts.)*, [in:] *High Mountain Snow and Ice Hydrology*, ed. D. Collins, A. Gelfan, G. Kaser, D. Marks, J. Pomeroy, P. Singh, IAHS Publ., 332, w druku.
- DUGUAY C.R., PROWSE T.D., BONSAI B.R., BROWN R.D., LACROIX M.P. MÉNARD P., 2006, *Recent trends in Canadian lake ice cover*, „Hydrological Processes”, 20, 4, 781–801.
- JENSEN O.P., BENSON B.J., MAGNUSON, J.J., CARD V., FUTTER M.N., SORANNO P.A., STEWART K.M., 2007, *Spatial analysis of ice phenology trends across the Laurentian Great Lakes region during a recent warming period*, „Limnology and Oceanography”, 52 (5), 2013–2026.

- KARETNIKOV S. G., NAUMENKO M. A., 2008, *Recent trends in Lake Ladoga ice cover*, „Hydrobiologia”, 599, 41–48.
- KORHONEN J., 2006, *Long-term changes in lake ice cover in Finland*, „Nordic Hydrology”, 37, 4–5, 347–363.
- ŁAJCZAK A., 1982, *Wahania temperatury przy powierzchniowej warstwy wody w jeziorach tatrzańskich o różnej ekspozycji*, „Czasop. Geogr.” 53, 1, 29–40.
- ŁAJCZAK A., 1996, *Hydrologia*, [w:] MIREK Z., red., *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Kraków – Zakopane, 169–196.
- MAGNUSON, J. J., ROBERTSON D. M., BENSON B. J., WYNNE R. H., LIVINGSTONE D. M., ARAI T., ASSEL R. A., BARRY R. G., CARD V., KUUSISTO E., GRANIN N. G., PROWSE T. D., STEWART K. M., VUGLINSKI V. S., 2000, *Historical trends in lake and river ice cover in the northern hemisphere*, „Science”, 289, 1743–1746.
- MARSZELEWSKI W., SKOWRON R., 2006, *Ice cover as an indicator of winter air temperature changes: case study of the Polish Lowland lakes*, „Hydrological Sciences Journal”, 51, 2, 336–349.
- MŁODZIEJOWSKI J., 1937, *Morskie Oko*, „Wierchy”, 53, 68–86.
- MOŚCICKI J., 1996, *Zimowa termika wód Morskiego Oka*, „Dok. Geogr.”, 4, 49–56.
- PIASECKA J., 1996, *Polskie pomiary i mapy batymetryczne jezior południowej strony Tatr*, „Czasop. Geogr.”, 3–4, 393–403.
- SAWICKI L., 1929, *Atlas jezior tatrzańskich*, PAU, „Prace Kom. Geogr.”, 2, Kraków.
- SMOLEŃSKI J., 1932, *Z badań wysokogórskiej stacji naukowej w Dolinie Pięciu Stawów Polskich w Tatrach*, „Wierchy”, 10, 151–156.
- SZAFLARSKI J., 1932, *Z badań nad termiką jezior tatrzańskich*, „Przegl. Geogr.”, 12, 181–184.
- SZAFLARSKI J., 1948, *Z zagadnień zimowej termiki jezior tatrzańskich*, „Przegl. Geogr.”, 22, 281–289.
- SZAFLARSKI J., 1933, *Atlas jezior tatrzańskich*, tab. I–VI, „Zbior. Prace Nauk. Koła Geogr. Uczniów UJ”, 1, A.
- SZAFLARSKI J., 1935, *Atlas jezior tatrzańskich II*, tab. I–V, „Zbior. Prace Nauk. Koła Geogr. Uczniów UJ”, 2, A.
- SZAFLARSKI J., GAJDA R., ORMICKI W., 1936, *Atlas jezior tatrzańskich III*, tab. I–VI, „Zbior. Prace Nauk. Koła Geogr. Uczniów UJ”, 3, A.

Geoekologiczne problemy gór wysokich

– to tytuł międzynarodowej konferencji, która odbyła się w dniach 15–18 września 2009 r. w Tatrzańskiej Łomnicy (Słowacja), zorganizowanej przez Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Polską Asocjację Ekologii Krajobrazu oraz Asocjację Geomorfologów Słowackich przy Słowackiej Akademii Nauk (Asociácia slovenských geomorfologov pri SAV).

Tematyka konferencji koncentrowała się zarówno na zagadnieniach z zakresu przyrody nieożywionej, jak również przyrody ożywionej, a także wzajemnych między nimi powiązań i obejmowała następujące zagadnienia (www.wgsr.uw.edu.pl):

– zmiany pięter geoekologicznych w wysokich górach w holocenie, zapis tych zmian w rzeźbie terenu i osadach;

– rolę współczesnych zmian klimatu w transformacji środowiska przyrodniczego obszarów wysokogórskich, ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk ekstremalnych;

– przebieg procesów geomorfologicznych w wysokich górach pod wpływem zmian pokrycia terenu;

– zakres ingerencji człowieka w przebieg procesów przyrodniczych w wysokich górach, szczególnie na obszarach objętych różnymi formami ochrony przyrody;

– metody badań zmian środowiska przyrodniczego gór wysokich.

W konferencji wzięło udział 41 osób z Polski, 24 – ze Słowacji, a także 3 – z Czech, 2 – z Rumunii i 1 z Bułgarii. Program obejmował: dwuczęściową sesję plenarną z udziałem gości zaproszonych, 4 sesje referatowe opracowań zgłoszonych, sesję posterową, sesję terenową i wycieczkę pokonferencyjną

Sesja terenowa, w której wzięło udział 40 uczestników, rozpoczęła się na obszarze wiatrołomu pomiędzy Nową Polanką (Nová Polanka) a Tatrzańską Polanką (Tatranská Polanka), gdzie przedstawiono wyniki prowadzonych tam badań, w tym fizycznych i chemicznych zmian właściwości powietrza i gleby (Peter Fleischer), morfologicznych przekształceń rzeźby (Katarzyna Dąbrowska), monitoringu związanego z naturalną regeneracją obszarów w obrębie wiatrołomu (Daniel Gašpar), sukcesji roślinności (Zuzana Kyselová) jak również dynamiki